

国名	アマゾンの森林における炭素動態の広域評価
ブラジル	

## I 案件概要

事業の背景	アマゾン熱帯林は世界最大の広さを持ち、そのうちの60%がブラジルに位置する。世界の温室効果ガス放出量の約20%は、熱帯林の消失に起因するともいわれており、急激な森林減少が進むアマゾン熱帯林保全は、気候変動対策の観点から、世界的に重要な課題となっている。ブラジルにおいては、衛星等を用いた森林モニタリングシステムが複数構築され、収集された情報は森林保全のために活用されている。他方、森林保全による気候変動の緩和効果を最大限引き出すためには、森林がもたらす大気中の二酸化炭素量への影響を評価し、この結果を森林保全活動に反映させることが必要となっていた。しかしながら、アマゾン熱帯林は広大な面積を有しており、アマゾン全体の二酸化炭素動態の定量的な評価については、技術的な課題があった。												
事業の目的	本事業は、継続的な森林インベントリー（CFI）システムの開発、ブラジル・アマゾンの炭素蓄積量推定のための解析手法の開発、ブラジル・アマゾンの炭素蓄積量マップの作成及び研究成果の共有化を通じて、ブラジル・アマゾンの森林の炭素動態の広域評価技術の開発を図った。 1. 想定された上位目標：なし 2. プロジェクト目標：ブラジル・アマゾンの森林の炭素動態の広域評価技術が開発される。												
実施内容	1. 事業サイト：ブラジル・アマゾン 2. 主な活動：1) CFI インベントリーシステムの開発、2) ブラジル・アマゾンの炭素蓄積量推定のための解析手法の開発、3) ブラジル・アマゾンの炭素蓄積量マップの作成、4) 研究成果の共有化 3. 投入実績 <table border="0" style="width:100%"> <tr> <td style="width:50%">日本側</td> <td style="width:50%">相手国側</td> </tr> <tr> <td>(1) 専門家派遣 14人</td> <td>(1) カウンターパート配置 18人</td> </tr> <tr> <td>(2) 研修員受入 12人</td> <td>(2) 土地・施設 プロジェクト事務所（国立アマゾン研究所（INPA）森林研究室建物内）</td> </tr> <tr> <td>(3) 機材供与 ピックアップ車両2台、衛星画像、無人航空機（UAV）2台、等</td> <td>(3) 現地業務費 事務所の維持管理費（光熱費、水道、通信費、等）、現地調査費用</td> </tr> <tr> <td>(4) 現地業務費 ローカルスタッフ雇用費、旅費・交通費、資機材購入費、森林インベントリー等作成費</td> <td></td> </tr> </table>			日本側	相手国側	(1) 専門家派遣 14人	(1) カウンターパート配置 18人	(2) 研修員受入 12人	(2) 土地・施設 プロジェクト事務所（国立アマゾン研究所（INPA）森林研究室建物内）	(3) 機材供与 ピックアップ車両2台、衛星画像、無人航空機（UAV）2台、等	(3) 現地業務費 事務所の維持管理費（光熱費、水道、通信費、等）、現地調査費用	(4) 現地業務費 ローカルスタッフ雇用費、旅費・交通費、資機材購入費、森林インベントリー等作成費	
日本側	相手国側												
(1) 専門家派遣 14人	(1) カウンターパート配置 18人												
(2) 研修員受入 12人	(2) 土地・施設 プロジェクト事務所（国立アマゾン研究所（INPA）森林研究室建物内）												
(3) 機材供与 ピックアップ車両2台、衛星画像、無人航空機（UAV）2台、等	(3) 現地業務費 事務所の維持管理費（光熱費、水道、通信費、等）、現地調査費用												
(4) 現地業務費 ローカルスタッフ雇用費、旅費・交通費、資機材購入費、森林インベントリー等作成費													
協力期間	2011年5月～2015年5月	協力金額	（事前評価時）390百万円、（実績）410百万円										
相手国実施機関	国立アマゾン研究所（INPA）、国立宇宙研究所（INPE）												
日本側協力機関	森林総合研究所、東京大学、リモート・センシング技術センター												

## II 評価結果

### 【留意点】

### 【想定される上位目標（社会実装への取組み）】

本 SATREPS 事業においては、上位目標は設定されなかったが、JST 終了報告書によると、気候変動枠組条約締約国会議の交渉官である INPA 国際協力局長から、本 SATREPS 事業の成果（アマゾンの森林炭素蓄積量マップ）を REDD+ の交渉のレファレンスデータとしての活用の意向が示された。本研究成果は、アマゾン熱帯雨林の保全政策とともに、気候変動対策への活用が期待されること、本事後評価においては、実施機関と協議の上、「アマゾンの炭素動態の広域評価結果が、ブラジルのアマゾン熱帯林保全及び気候変動対策に活用される。」を想定される上位目標（社会実装への取組）として、その政策レベルでの活用状況の検証を試みた。なお、想定される上位目標の達成度は、あくまで期待された正のインパクトの一部として取り扱うものとする。

### 1 妥当性

#### 【事前評価時・事業完了時のブラジル政府の開発政策との整合性】

本事業は、環境保全を重点分野とし、気候変動対策を重視する、「多年度計画（PPA）」（2008年～2011年、2012年～2015年）及びアマゾン森林減少に係る問題への対策を目的とする「アマゾン森林減少阻止・管理計画」（2003年大統領令）という、事前評価時から事業完了時に至るブラジル政府の開発政策と合致していた。

#### 【事前評価時・事業完了時のブラジルにおける開発ニーズとの整合性】

本事業は、アマゾン熱帯雨林消失による気候変動への影響の大きさに鑑み、アマゾン熱帯雨林における森林保全による気候変動対策の効果の最大化に向け、森林がもたらす大気中の二酸化炭素量への影響を評価し、その結果を森林保全活動に反映する、というブラジル及び地球規模での開発ニーズに合致していた。

#### 【事前評価時における日本の援助方針との整合性】

本事業は、2005年5月のルーラ大統領訪日の際に合意された、日本の対ブラジル支援における重点5分野の一つに含まれる環境分野への支援に合致していた<sup>2</sup>。

#### 【評価判断】

以上より、本事業の妥当性は高い。

### 2 有効性・インパクト

<sup>1</sup> SATREPS とは、「地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム」（Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development）を指す。

<sup>2</sup> 外務省「国別 ODA データブック」（2009年9月）

**【プロジェクト目標の事業完了時における達成状況】**

事業完了時まで、プロジェクト目標は一部達成された。本事業では、INPA と森林総合研究所が共同で地上観測データに基づくアマゾンの森林インベントリシステムを構築し、INPE と東京大学の共同によりリモート・センシング技術等を活用した炭素蓄積量に係るパラメータ解析手法及び炭素蓄積量マッピングを開発した。これにより、地上観測データ（森林インベントリ）リモートセンシングデータ（炭素蓄積量マッピング）を統合させた広域の炭素動態の評価が可能となった（指標1）。環境省気候変動部局、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）関係者等、向けの最終セミナーが、2014年4月に開催され、環境省や IPCC 代表も参加した。森林インベントリー等の本件協力成果の国内外での有益性を提示し、本事業で開発された炭素動態にかかる評価技術に対する有用性が認識されたが、関係者に対する評価技術に係るアンケート情報は確認できなかった（指標2）。また、本事業で開発された INPA の森林インベントリー技術は、アマゾンに位置するアクレ州、アマパ州、アマゾナス州における REDD+<sup>3</sup>イニシアティブの実施に活用され、貢献した（指標3）。

**【事業効果の事後評価時における継続状況】**

事後評価時点において、本事業の効果は継続している。本事業で開発された技術や研究成果は、INPA や民間企業によるアマゾナス州及びアクレ州の炭素動態計測に活用されており、本邦民間企業を含めた REDD+市場への参加準備が進められている。また、INPE は、本事業で導入された森林測定のためのリモート・センシング技術である航空機 LiDAR<sup>4</sup>を活用した画像解析プロジェクトの実施を見込んでいる。さらに、INPA は、本事業の研究成果の拡大に向け、炭素動態データの収集の品質保証・品質管理（Quality Assurance and Quality Control: QA/QC）を導入し、研究を継続している。なお、本事業で開発された森林炭素蓄積量マッピング及びリモート・センシング手法については、事業完了後、INPA の研究活動に統合され、INPA の研究活動の一部として継続されている。

本事業で供与された、森林測定のためのリモートセンシングシステムである、無人機（UAV）LiDAR システムについては、INPA が活用し、維持管理を行っている。UAV のバッテリー一台が故障しているが、修理中であり、事後評価時点においては使用可能なバッテリーを使い、必要最低限の使用回数としている。

本事業では、継続的森林インベントリー（CFI）データベースの一部及びリモートセンシングデータを、INPA、森林総合研究所及び東京大学のウェブサイト上で関係機関に対しフリーアクセスで共有する体制が整備されたが、事後評価時点において、INPA 及び INPE のウェブサイト上でフリーアクセスによる関係機関との情報共有は行われていない。なお、外部機関からの要請に応じてデータはフリーアクセスとしており、特に、違法森林伐採を所管する連邦警察アマゾナス支部との情報共有を行っている。

**【想定された上位目標の事後評価時における達成状況】**

事後評価時点において、想定された上位目標は達成されたと判断される。本事業の研究成果を活用し、上述のとおり、本邦企業2社が、アマゾナス州及びアクレ州における炭素動態探査を行っており、REDD+プロジェクトの実施に向けた取組みが進められている。

また、ブラジル政府により散発的に本事業の研究成果に関連する活動が見られており、かつ、ブラジルの民間企業による Precious Woods社との持続的な森林資源葛生を行うために、INPAが炭素動態インベントリーを実施するなど、INPAは、民間セクターによる炭素動態観測のイニシアティブへの支援を行っている。

**【事後評価時に確認されたその他のインパクト】**

事後評価時点において、その他の正負のインパクトは、確認されなかった。

**【評価判断】**

以上より、本事業の有効性・インパクトは高い。

プロジェクト目標及び上位目標の達成度

目標	指標	実績
プロジェクト目標 ブラジル・アマゾンの森林の炭素動態の広域評価技術が開発される。	(指標1) プロジェクト終了までにINPA及びINPEにおいて、フィールドデータ及びリモートセンシングデータを用いて広域の炭素蓄積量及び動態の継続的な評価ができるようになる。	達成状況：達成（継続） （事業完了時） ● 本事業では、INPA と森林総合研究所が共同で地上観測データに基づくアマゾンの森林インベントリシステムを構築し、INPE と東京大学の共同によりリモート・センシング技術等を活用した炭素蓄積量に係るパラメータ解析手法及び森林炭素蓄積量マッピングを開発した。 ● 地上観測データ（森林インベントリ）とリモートセンシングデータ（森林炭素蓄積量マッピング）を統合させた広域の炭素動態の評価が可能となった ● アマゾンの熱帯地域の研究を所管する、INPA において、事業完了後も継続的な評価が計画された。 （事後評価時） ● 森林炭素蓄積量マッピング及びリモート・センシング技術に関連する研究活動は、事業完了後 INPA の研究活動に統合され、INPA の研究活動の一部として実施されている。 ● INPA は、アマゾナス州及びアクレ州の炭素動態の計測を行っている。 ● INPA は、研究成果の拡大に向け、炭素動態データの収集に係る QA/QC を導入し、研究を継続している。 ● INPE は、本事業で導入されたリモート・センシング技術である、航空機 LiDAR による画像解析プロジェクトの実施を見込んでいる。
	(指標2) プロジェクトの最終セミナー/ワ	達成状況：一部達成（継続） （事業完了時）

<sup>3</sup> 国連気候変動条約第11回締約国会合（COP11）で提案された、「途上国の森林減少・劣化に由来する排出の削減」（Reducing Emission from Deforestation and Forest Degradation）に向けた森林減少・劣化の抑制に係る国際的な取組み。

<sup>4</sup> 光検出と測距及びレーザー画像検出と測距（Light Detection and Ranging, Laser Imaging Detection and Ranging）

	<p>ークショップに参加したブラジル国内の REDD+及び環境保全関連機関(シコメンデス生物多様性保全院 ICM-BIO)、農業牧畜研究公社、民間企業等)の50%以上が評価技術を有益だとみなす。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 関係機関に対するアンケート未実施。</li> <li>● 関係機関向け最終セミナーは2014年4月27日～29日の期間で実施済。</li> </ul> <p>(事後評価時)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● INPA 及び民間企業がアマゾナス及びアクレ州において活用している。</li> </ul>
	<p>(指標3) 上記関連機関の50%以上が評価技術の利用に関心を示す。</p>	<p>達成状況：一部達成(継続) (事業完了時)</p> <p>INPAの森林インベントリーの技術は、すでにアマゾンのアクレ州、アマパ州、アマゾナス州において、REDD+イニシアティブの実施に貢献していた。</p> <p>(事後評価時)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 指標1参照。</li> </ul>
<p>想定された上位目標 アマゾンの炭素動態の広域評価結果が、ブラジルのアマゾン熱帯林保全及び気候変動対策に活用される</p>	<p>(指標1) 本事業の研究成果を活用したアマゾン熱帯雨林保全及びREDD+等の気候変動対策への活用事例</p>	<p>達成状況：達成 (事後評価時)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 本邦企業2社によるREDD+プロジェクト向けの炭素動態探査への活用。</li> </ul>

(出所) 終了時評価報告書、INPA 及び INPE からの提供情報

### 3 効率性

本事業の事業期間は計画どおり(計画比100%)であったが、事業費は若干計画を上回った(計画比105%)。アウトプットは計画どおりに産出された。よって、効率性は中程度である。

### 4 持続性

#### 【政策制度面】

ブラジルでは、全国REDD+戦略プログラム(ENREDD+)が策定されており、アマゾン熱帯雨林における炭素動態の広域評価とその活用は、REDD+のイニシアティブを進めるうえで、重要となっている。

#### 【体制面】

事業完了以降、アマゾン熱帯雨林における炭素動態の広域評価とその活用を行う体制は維持されている。INPAは、研究員4名、技師2名、博士研究員(Postdoctoral Research、ポスドク)5名、修士課程学生7名の体制を維持し、研究を継続している。また、上述のとおり、社会実装に向けた取組みとして、民間セクターでのREDD+プロジェクトへの取組みやアマゾン熱帯雨林保全活動への支援も行っている。

INPEは、本事業に関連する研究活動に、研究員4名が対応している。アマゾン基金から、航空機LiDARによる画像解析事業の採択を得るなど、活動を発展させている。

なお、研究成果の活用及び社会実装に向けた取組みに係る体制としては、上述のとおり、INPA 及び INPE のウェブサイト上でフリーアクセスによる関係機関との情報共有は行われていないものの、外部機関からの要請に応じてデータはフリーアクセスとしており、特に、違法森林伐採の監視を所管する連邦警察アマゾナス支部との情報共有を行っている。

#### 【技術面】

INPAは、本事業を通じて、学術論文などの作成能力が向上し、本事業の研究成果に関連して、ブラジル国内外の学術機関と活発な交流を行っており、こうした交流を通じてさらに先進技術を吸収し、研究成果の発信を行っている。また、INPAによると、森林管理研究室(LMF)では、各人が担当分野の専門家となることを規則としており、また、事業完了以降もそれぞれ自己啓発を怠らず、関係機関との連携を積極的に行ってきたことで、研究施設・機材の運営維持管理に必要なスキル・知識を維持・向上している。

INPEは、前述のとおり、アマゾン基金からの航空機LiDARによる画像解析事業の採択を得るなど、活動を発展させており、本事業の研究成果を活用した活動に必要な能力を維持している。

他方、INPAは、社会実装に向けて、2019年に新たに就任した科学技術大臣への働きかけを行っているが、2019年の大統領交代に伴う連邦政府内の異動などにより、政府当局の本事業の研究成果に対するリテラシーの向上には結びついていない。各所掌業務の一部を民間委託することが提案されるなど、INPA・INPEの役割に対して懐疑的な見方が政府サイドから発信されている状況下、今後の動向には十分留意が必要な状況となっている。また、アマゾン森林保全をめぐるっては、環境省と研究機関であるINPA及びINPEとは必ずしも同じ見解ではないため、研究成果に対する政府当局のリテラシーの向上を図るにあたっては、課題が見られる。

#### 【財務面】

森林インベントリー関連研究予算及び研究機材の維持管理予算は、研究予算として、国家科学技術審議会からの予算を財源としている。2015年以降、毎年60万リアルが配分されており、2020年にも同水準の予算が配分される見込みである。また、INPEについては、アマゾン基金により事業の採択を得ている。その他、INPA及びINPEは、大学教育人材養成基金(CAPES)及びアマゾナス州研究支援基金(FAPEAN)といった基金を通じて、社会実装に向けた財源を確保している。ただし、新政権下での各機関の予算状況については予断を許さず、特に、2019年1月以降、森林火災をきっかけとしたアマゾン基金の実質的な停止などがあり、財源の継続的な確保は重要課題である。また、新政権下においては、公的機関・教育機関への予算を削減する動きが活発化している中で、今後のINPA及びINPEの予算確保に関わる関係機関の動向に注意が必要である。

#### 【評価判断】

社会実装に向けて、技術面の一部に課題がみられることから、本事業によって発現した効果の持続性は中程度である。

### 5 総合評価

本事業は、森林インベントリーを含む炭素動態評価の技術の確立を通じて、プロジェクト目標の一部を達成し、確立された技術の活用を通じて、上位目標を達成した。持続性については、政権交代により、連邦政府レベルでの社会実装に向けた取組みに係る本事業の研究成果に対するリテラシーの向上には結びついていないものの、実施機関は関連する研究活動を継続するための体制・能力を維持しており、必要な研究予算を確保している。効率性については、事業費が計画を若干上回った。以上より、総合的に判断すると、本事業の評価は高いといえる。

### III 提言・教訓

実施機関への提言：

#### 【INPA 及び INPE】

INPA 及び INPE において、本事業の成果（セミナー関連資料）などの整理が十分に行われておらずと、本事後評価のための調査において、実施機関からの情報提示までに時間がかかった。INPA 及び INPE 事業の成果品の再確認と迅速な提示が可能となるような整理作業 を実行すると共に、SATREPS 事業においては研究成果の社会実装を目指していることから、社会実装に向けた取組みを強化すべく、整理された情報は政府・民間・研究機関と積極的に共有し働きかけを行うことが求められる。

JICA への教訓：

ブラジルの場合、環境分野における取り組みでは、連邦レベルの環境省をはじめ、州、市のレベルの局、INPA、INPE といった学術機関等多数の機関が関連することになる。本事業においても、直接研究活動に携わる INPA 及び INPE の他、環境省及び各州との連携の下、活動の連携が不可欠であり、INPA が主体となって他機関と連携することで本事業は円滑な実施につながった。SATREPS 事業においては、研究成果の社会実装を目指していることから、事業計画段階及び実施段階において、様々なレベルの政府機関及び研究機関をはじめ、民間セクターも含め、関係機関との効果的な情報共有及び連携を図ることが重要であるといえる。なお、2019 年 1 月の政権交代を機にブラジル国内ではアマゾンへの開発圧力が高まり、一方では大規模な森林火災が頻発しており、新政権下におけるアマゾン保全に係る政策の在り方に注目が集まっている。JICA では、アマゾン保全に対し、本件を含め、科学的手法を用いた技術協力を行ってきた。その成果が科学的根拠として適切に活用されるよう、事業完了時の実施機関及び関係機関に向けたセミナー等での成果の発表にとどまらず、事業完了後においても適宜関係者に効果的に発信できるよう、実施機関と共同で効果的な形で JICA として組織的に取りまとめておくことが求められる。



本事業実施時より研究を継続している INPA のメンバー



本事業の供与機材。現在も稼働中